

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Weiland Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. L. Krüger

**Untersuchungen über Veränderungen
der Aktivität der sauren und alkalischen
Phosphatase und über den Gehalt an
Adenosintriphosphat im Blutserum von Schweinen**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Oskar Sill

Heltau

Gießen 1970



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Weiland Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. L. Krüger

**Untersuchungen über Veränderungen
der Aktivität der sauren und alkalischen
Phosphatase und über den Gehalt an
Adenosintriphosphat im Blutserum von Schweinen**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Oskar Sill
Heltau

Gießen 1970



Dekan: Professor Dr. F. Großmann

1. Berichterstatter: Professor Dr.Dr.h.c. L. Krüger
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Schäfer

Tag der mündlichen Prüfung: 4. März 1970

Inhaltsverzeichnis

1.	Problemstellung	5
2.	Literaturübersicht	7
2.1	Saure und alkalische Phosphatase	7
2.11	Beziehungen zwischen der Phosphomonoesterasen- aktivität und Leistungseigenschaften	10
2.2	Adenosintriphosphat	11
3.	Material und Methode	13
3.1	Tiermaterial	13
3.2	Gewinnung des Blutserums	14
3.3	Bestimmungsmethoden	15
3.31	Alkalische und saure Phosphatase	15
3.32	Adenosintriphosphat	19
4.	Ergebnisse	23
4.1	Das Verhalten der Phosphomonoesterasen	23
4.11	Einfluß des Alters	26
4.12	Einfluß des Geschlechts	29
4.13	Einfluß des Vaters	29
4.2	Zuordnungen der Phosphomonoesterasen- aktivität	30
4.21	In der Mastperiode	33
4.22	Zur Futterverwertung	35
4.3	Das Verhalten des Adenosintriphosphat	37
4.31	Einfluß des Geschlechts	39
4.32	Einfluß des Alters	40
4.33	Einfluß des Vaters	41
4.4	Zuordnung des Adenosintriphosphat	41
4.41	In der Mastperiode	42
4.42	Zur Futterverwertung	43
5.	Diskussion	44
6.	Zusammenfassung	48
	Literaturverzeichnis	51

1. Problemstellung

Die physiologischen Leistungen der Tiere sind das Ergebnis biochemischer Reaktionen, die in großer Anzahl und mit einer hohen Geschwindigkeit, den jeweiligen Leistungen angepaßt, im Organismus ablaufen. Störungen im biokatalytischen System können durch Aktivitätsbestimmungen der Enzyme nachgewiesen werden.

Die zahlreichen Untersuchungen, die eine Aktivitätsbestimmung von Enzymen zum Gegenstand haben, beziehen sich im wesentlichen auf die Erforschung physiologischer Vorgänge und auf das Erkennen von Störungen im biokatalytischen System. Demgegenüber gibt es aber kaum Untersuchungen, in denen man versucht mögliche Zusammenhänge aufzudecken, die zwischen den Enzymaktivitäten und physiologischen Leistungseigenschaften bestehen könnten. Einen Hinweis, derartige Arbeiten durchzuführen, haben die Arbeiten von FLASCHENTRÄGER (1951), RICHTERICH (1958) und BECKER (1964) geliefert, die auf eine mögliche Kontrolle der Enzymaktivität durch bestimmte Gene hingewiesen haben. Daraus kann man vermuten, daß die Variabilität in den Genkombinationen sich auch auf eine unterschiedliche Enzymaktivität auswirkt. Darüberhinaus wäre zu prüfen, in welchem Zusammenhang quantitative Merkmale durch die

Aktivität bestimmt werden. Es ist anzunehmen, daß nicht nur zwischen den Rassen und Arten, sondern auch zwischen den Individuen einer Population Unterschiede in der Enzymaktivität bestehen. Eine Analyse dieser Unterschiede zwischen den Individuen könnte dann ein Hilfsmittel der tierzüchterischen Selektion sein, wenn bestimmte erforderliche Selektionskriterien vorhanden sind. Unter diesen Voraussetzungen ist es denkbar, die Enzymaktivität als Hilfsmittel der Selektion zu verwenden.

Von den zahlreichen Enzymen, die für die Leistung erforderlich sind, sollen in der vorliegenden Untersuchung die Phosphomonoesterasen untersucht werden. Diese Enzyme sind für die Prüfung der Frage einer Verwendbarkeit dieser beiden Merkmale besonders gut geeignet, weil sie für die Produktion der Leistungen unserer landwirtschaftlichen Nutztiere große Bedeutung haben. Außerdem liegen über diese beiden Enzyme bisher eingehende Untersuchungen vor, so daß auf der Grundlage dieser Kenntnisse die Möglichkeit einer züchterischen Anwendung geprüft werden kann. Darüberhinaus sind die Bestimmungsmethoden für diese Enzyme soweit entwickelt, daß Serienbestimmungen möglich sind.

Für die Entwicklung wirtschaftlich wichtiger Leistungen hat das Adenosintriphosphat als Ener-

gieüberträger besondere Bedeutung. Es ist daher denkbar, daß die Ausbildung der einzelnen Leistungseigenschaften auch mit der Konzentration des Adenosintriphosphat im Blutserum der Nutztiere zusammenhängt. Es war daher das Ziel dieser Untersuchung zu prüfen, welche Wechselbeziehungen zwischen der Konzentration an Adenosintriphosphat und der Höhe von physiologischen Leistungen bestehen.

2. Literaturübersicht

2.1 Saure und alkalische Phosphatase

In der Literatur gibt es bereits einige Arbeiten aus denen man Hinweise auf die Abhängigkeit der Enzymaktivitäten von genetischen und umweltbedingten Faktoren entnehmen kann. Mögliche genetische Zusammenhänge wurden bisher von FLASCHENTRÄGER (1951), RICHTERICH (1958) und BECKER (1964) vermutet, während die Einflüsse von nicht genetisch bedingten Faktoren bereits häufiger geprüft wurden.

Über den Einfluß des A l t e r s auf die Aktivität von alkalischer Phosphatase berichten BAUR (1948), EMMERICH und SCHEFFLER (1952) sowie RICHTERICH (1958); danach nimmt mit zunehmendem Alter die Aktivität dieses

Enzyms ab. Als Ursache für dieses Verhalten wird die vermehrte Osteoblastentätigkeit angesehen. Der Einfluß des Alters auf die Aktivität wird nahezu bei allen Haustieren nachgewiesen: von KOLB (1955) beim Pferd, von UNGER (1957), KRÜGER und LUKANC (1967), OSCHIDARI (1967) und FASSOUNKI (1968) beim Rind, sowie von BRÜMMER (1968) beim Schwein und von SARICAN (1968) beim Schaf.

Die Ergebnisse, die man in den Untersuchungen über den Einfluß des G e s c h l e c h t s auf die Aktivität der Phosphomonoesterasen beim Rind erarbeitet hat, sind widersprüchlich. KUNKEL u. Mitarb. (1953) konnten bei europäischen Rindern (Jersey-, Holstein-, Angus- und Hereford Rindern) und Brahmanen sowie Kreuzungstieren (Brahman x europäisches Rind) keinen Geschlechtseinfluß feststellen.

Bei Schweinen konnten für die alkalische und saure Phosphomonoesterase ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen kastrierten männlichen und weiblichen Schweinen festgestellt werden (BRÜMMER 1968).

Demgegenüber weist BOGART u. Mitarb. (1963) bei 290 Hereford- und Anguskülbern in einem neun Jahre dauernden Versuch signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern nach.

Ebenso konnten beim Menschen geschlechtsbedingte Phosphomonoesterasenaktivitäten nachgewiesen werden (TUBA u. Mitarb. 1947). Die männlichen Individuen hatten eine um 20 - 30 % höhere al-

kalische Phosphomonoesterasenaktivität als die weiblichen.

Über den Einfluß der T r ä c h t i g k e i t berichten WILSON und HART (1932), daß die Aktivität bis kurz vor dem Kalben kontinuierlich ansteigt. Dieses Ergebnis war jedoch nicht signifikant.

Nach FASSOUNKI (1968) steigt die Aktivität der alkalischen Phosphomonoesterase bis zum fünften Trächtigkeitsmonat an, fällt dann bis zum siebenten Monat ab und weist bis zum Abkalben wiederum eine steigende Tendenz auf. In der gleichen Arbeit wird auch von einem Anstieg der alkalischen Phosphomonoesterasenaktivität mit fortschreitendem Laktationsstadium berichtet.

Die Ergebnisse der älteren Literatur über den Einfluß der F ü t t e r u n g auf die Phosphomonoesterasenaktivität wurden von BAUR (1948) zusammengefaßt.

Untersuchungen von BODANKY (1953) ergaben, daß im Gegensatz zur Fett- und Eiweißfütterung verstärkte Kohlehydratfütterung zu einem Anstieg der alkalischen Serumphosphataseaktivität führte.

Demgegenüber war in den Untersuchungen von FASSOUNKI (1968) bei einer Futterumstellung von Grünfutter auf Mais- und Grassilage die alkalische Phosphataseaktivität nicht angestiegen. Bei der sauren bestanden jedoch signifikante Unterschiede in der Aktivität vor und nach der Futterumstellung.

2.11 Beziehungen zwischen der Phosphomonoesteraseaktivität und Leistungseigenschaften

Über die Beziehungen zwischen der Enzymaktivität und Leistungseigenschaften berichten KUNKEL u. Mitarb. (1954). Bei der Untersuchung fanden sie eine hochsignifikante Korrelation zwischen der alkalischen Phosphataseaktivität bei Versuchsbeginn und der späteren Gewichtsentwicklung ($r = +0,85$). In dem von BOGART u. Mitarb. (1963) durchgeführten Versuch an 290 Hereford- und Angus Kälbern hatten die schnell zunehmenden Tiere eine um 40 % höhere Phosphataseaktivität als diejenigen mit langsamen Wachstum. Verfasser schließen daraus, daß Stoffwechselintensität und Leistung der Tiere in Beziehung stehen. KRÜGER und LUKANC (1967) fanden zwischen der alkalischen Phosphataseaktivität der ersten 15 Lebenswochen und den täglichen Zunahmen während der Mastperiode eine Korrelation von $r = +0,81^{***}$.

Bei Hühnern untersuchten WILCOX u. Mitarb. (1963) die alkalische Phosphataseaktivität und fanden positive genetische Korrelationen zur Legeleistung, zum Körpergewicht und zum Eigewicht. Zur Bestätigung dieser Ergebnisse selektierten sie Hühner mit einem hohen alkalischen Phosphatasegehalt aus und züchteten sie über fünf Generationen in Kreuzung weiter. Der signifikante Unterschied in der

Phosphataseaktivität blieb erhalten und war mit einer höheren Legeleistung verbunden (WILCOX 1966).

Bei Schweinen stellte ILANCIO (1966) rassenbedingte signifikante Unterschiede in der Aktivität der alkalischen Phosphatase fest. Das weiße englische Schwein (Fleischschwein) zeigte die höchsten Werte, die niedrigsten wies das weiße Mangalitza (Fettschwein) auf. Für das schwarze slawische Schwein (Fleischfetttschwein) ergaben sich dagegen mittlere Werte.

BRÜMMER (1968) fand beim Schwein signifikante Korrelationen zwischen der Aktivität der Phosphomonoesterasen und verschiedenen Leistungseigenschaften.

2.2 Adenosintriphosphat

In der Literatur gibt es nur wenige Arbeiten, in denen Hinweise auf die Abhängigkeit der Fleischbeschaffenheit vom Adenosintriphosphat gegeben werden. Insbesondere werden dabei die post mortem eintretenden physiologischen Prozesse untersucht. Adenosintriphosphat wird in Kurzform als ATP wiedergegeben.

Nach HALLE (1969) sind zum Zeitpunkt der Schlachtung mehr oder weniger große Mengen an Kreatinphosphat und Adenosintriphosphat im Fleisch enthalten. Bei beiden handelt es

sich um energiereiche Phosphate. Die Funktion des Adenosintriphosphats besteht im wesentlichen in der Übertragung der Energie vom Kreatinphosphat auf das kontrahierende System. Bei der Kontraktion des lebenden Muskels wird ATP durch ein Enzym des Muskels, die Adenosintriphosphatase, unter Freisetzung der in ihm enthaltenen Energie abgebaut. Im Kreatinphosphat wird diejenige Energie gespeichert, die für die Kontraktion des Muskels erforderlich ist.

BENDALL u. Mitarb. (1963) fanden bei Schweinen mit ungünstiger Fleischbeschaffenheit einen um ein Drittel niedrigeren Kreatinphosphatgehalt als bei Vergleichstieren.

HESS (1963) berichtet, daß der Mangel an Adenosintriphosphat einzelne Enzyme der Glykolysekette aktiviert und die Fließgeschwindigkeit steuert.

MUYLLE u. Mitarb. (1968) nehmen nicht an, daß schon vor der Schlachtung ein belastender Sauerstoffmangel vorliegt.

Aus der Untersuchung von HAGEMEISTER (1969) geht hervor, daß der Gehalt an ATP bei Fleischschweinen niedriger ist als bei Tieren mit geringerem Fleischanteil. Ein niedriger ATP-Gehalt entsprach einem hohen Milchsäuregehalt, daraus wird gefolgert, daß der hohe Milchsäuregehalt den ATP-Abbau beschleunigt.

3. Material und Methode

3.1 Tiermaterial

Für diese Untersuchung standen aus 10 Würfen von 10 Müttern 81 DvL Schweine zur Verfügung, die in der Versuchswirtschaft Oberer Hardthof des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik Gießen aufgezogen und von Januar bis August 1969 gemästet wurden. Die Auswahl der 10 Muttertiere erfolgte zufällig.

Eine Aufteilung der Nachkommen dieser Sauen in die einzelnen Versuchsgruppen ist in der Tabelle 1 gegeben.

Tabelle 1: Einteilung der Nachkommen in die verschiedenen Versuchsgruppen

Gruppe	Wurf-Nr.	Vater	♂	♂ ²	♀	n
1	2	1	4	2	3	9
2	3	1	3	3	2	8
3	3	2	1	2	2	5
4	9	1	2	3	3	8
5	5	1	2	2	4	8
6	4	1	4	3	1	8
7	8	2	3	3	1	7
8	6	1	5	4	2	11
9	4	2	2	2	3	7
10	4	1	2	2	6	10
Gesamt			28	26	27	81

Die 81 Nachkommen der 10 Sauen stammten von 2 Vätern. Innerhalb der Würfe erfolgte eine Aufteilung nach dem Geschlecht, sowie nach männlichen Kastraten. Insgesamt waren 28 Eber, 26 Kastraten und 27 weibliche Tiere in die Untersuchung einbezogen.

Die in der vorliegenden Arbeit als Frühkastren bezeichneten männlichen Tiere wurden in einem Alter von sechs Wochen kastriert. Die Kastration, der im weiteren Verlauf als Spätkastren bezeichneten Tiere erfolgte bei einem Gewicht von 90 kg. Diese Differenzierung war erforderlich, weil festgestellt werden sollte inwieweit sich der Geschlechtseinfluß auf die Enzymaktivität und auf den Gehalt an Adenosintriphosphat auswirkt.

Die kontrollierbaren Umweltfaktoren, wie Stall, Fütterung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden während der gesamten Untersuchung möglichst konstant gehalten.

3.2 Gewinnung des Blutserum

Im Alter von acht Wochen wurden den Tieren im vierzehntägigem Zeitintervall Blutproben entnommen. Die Entnahme erfolgte jeweils in der Bucht um Aufregung der Tiere zu vermeiden, die möglicherweise zur Beeinflussung der in dieser Arbeit untersuchten physiolo-

gischen Werte hätte führen können.

Die Schweine wurden in der Rückenlage von zwei, bei größerem Gewicht von drei Hilfskräften in einem aus zwei Brettern keilförmig zusammengenagelten Trog fixiert. Dann wurde einen Fingerbreit lateral vom manubrium sterni mit einer entsprechenden Kanüle die Haut durchstoßen und danach dem Kanülenhals eine 20 cm³ fassende Plastikspritze aufgesetzt. Die ganze Hand umfaßte die Spritze. Durch Hochdrücken des Kolbens mittels Daumen und Zeigefinger wurde ein Vakuum erzeugt und die Kanüle langsam in Richtung auf die vena cava cranialis weiter eingeführt. Sobald diese getroffen war, ließ sich die erforderliche Blutmenge absaugen. Dies und das anschließende Umfüllen in ein Zentrifugenglas hatten vorsichtig zu erfolgen, um kein hämolytisches Blut zu erhalten. Aus diesem Glas wurde in ein anderes Glas 1,00 ml Blut pipettiert und mit 1,00 ml 0,6 N Perchlorsäure gut gemischt. Das übrige Blut blieb bis zur weiteren Verarbeitung 24 Stunden bei 4° C im Kühlschrank.

3.3 Bestimmungsmethoden

3.31 Alkalische und saure Phosphomonoesterasen

Als Phosphatasen werden aus der Gruppe der Hydrolasen diejenigen Enzyme bezeichnet, die

organische Ester der Phosphorsäure hydrolytisch spalten (ABDERHALDEN 1948). BAUR (1948) nennt die Phosphatasen gemäß ihrer Wirkungsweise auch Phosphoesterasen.

Das pH-Optimum ist für die Einteilung der Phosphatase mit ausschlaggebend.

Die alkalische Phosphatase hat ihre optimale Wirkung bei einem pH-Wert von 8,6 - 9,4. Sie kommt im Blutserum und nahezu in allen tierischen Geweben vor. In der Niere, Milz, Darmschleimhaut, im Gehirn, den Knochen und der Leber ist sie besonders aktiv (FLASCHENTRÄGER 1951, RICHTERICH 1958).

Die saure Phosphatase hat ihren optimalen Bereich bei pH 3,4 - 6,0. Sie wurde in der Leber, Milz, Niere und im Muskel nachgewiesen. Außerdem wird die saure Phosphatase in der Hefe und in den Erythrozyten beobachtet.

Zur Bestimmung der Phosphomonoesterasenaktivität kann man chemische und histochemische Methoden anwenden. Mit den histochemischen Verfahren ist es möglich die etwaige Konzentration dieser Enzyme und deren Lokalisation zu erfassen.

Die chemischen Methoden beruhen auf der Spaltung von Phosphorsäureestern. Entsprechend dem verwendeten Substrat läßt sich die Enzymaktivität durch die Menge des freigesetzten anorganischen Phosphors bestimmen.

SÜDHOF u. Mitarb. (1962) haben die gebräuchlichsten chemischen Nachweismethoden verglichen und berichten über Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden.

In der vorliegenden Untersuchung kam die von BESSLEY, LOWRY und BROCK (1946) beschriebene Methode zur Anwendung. Die Testreagenzien wurden von der Firma Boehringer, Mannheim, bezogen. Die Extinktionsmessungen erfolgten mit dem Zeiss-Filter-Photometer "ELKO III".

Für die Untersuchung wurde das Blut zunächst auf Zimmertemperatur gebracht und dann 20 Minuten bei 3500 Umdrehungen/Min. zentrifugiert; das überstehende Serum wurde anschließend in ein Reagenzgläschen dekantiert. Zum Nachweis für die saure und alkalische Phosphatase diente Natrium-p-nitrophenylphosphat als Substrat.

bestimmungsansatz:

Wellenlänge : Hg 405 nm

Glas-Küvette: 1 cm Schichtdicke

Temperatur : 37° C

Meßintervall: 30 Minuten

Die Messungen erfolgten jeweils gegen einen Leerwert. Für jede Probe wurde ein neuer Leerwert angesetzt. Nur frisches, haemolysefreies Serum ist verwendet worden.

In Reagenzgläser wurde nacheinander pipettiert:

<u>Probe:</u>			<u>Leerwert:</u>
saure	1 ml	Puffer-Substrat-	1 ml
Phos-		Gemisch (0,05 M	
pha-		Citratpuffer,	
tase		pH=4,8; $5,5 \cdot 10^{-3}$ M	
		Natrium-p-Nitro-	
		phenylphosphat)	
	0,2 ml	Serum	-
alk.	1 ml	Puffer-Substrat-	1 ml
Phos-		Gemisch (0,05 M	
pha-		Glycin-Puffer,	
tase		pH=10,5; $5,5 \cdot 10^{-3}$ M	
		Natrium-p-Nitro-	
		phenylphosphat)	
	0,1 ml	Serum	-

Nach 30 Minuten Inkubation im Wasserbad bei 37° C.

saure	10 ml	(0,02 n) NaOH	10 ml
Phosph.	-	Serum	0,2 ml
alk.	10 ml	(0,02 n) NaOH	10 ml
Phosph.	-	Serum	0,1 ml

Nach 30 Minuten wird durch NaOH Zusatz die Phos-

phatase gehemmt. Aus dem freigesetzten P-Nitrophenyl entsteht das gelbe Anion, dessen Extinktion gemessen wird. Der Extinktionsdifferenz ist der in 30 Minuten umgesetzten Menge des verwendeten Substrats proportional.

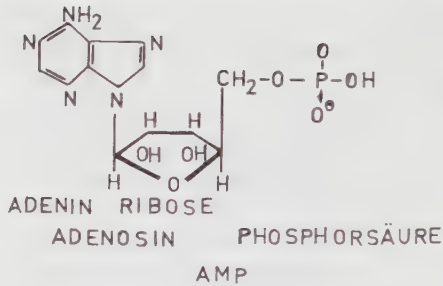
Um μ Mol-Einheiten (BESSEY-LOWRY-Einheiten = B.L.E.) zu erhalten wurden die Extinktionswerte bei der sauren Phosphatase mit dem Faktor 6,05 und bei der alkalischen mit dem Faktor 12 multipliziert.

Nach der Definition von BESSEY, LOWRY und BROCK (1946) ist 1 Phosphataseeinheit (B.L.E.) diejenige in 1 Liter Serum enthaltene Enzymmenge, die in 1 Std. bei 37° C 1 μ Mol (= 140 mg) p-Nitrophenol freisetzt.

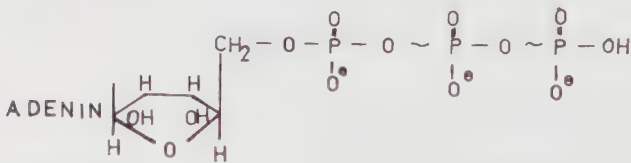
5.32 Adenosintriphosphat

Adenosintriphosphat wurde 1929 erstmals von Lohmann aus frischen Muskeln isoliert und identifiziert.

Adenosintriphosphat, das allgemein mit ATP abgekürzt wird, ist ein Nucleotid, aufgebaut aus der Base Adenin, dem Zucker Ribose und aus Phosphorsäure, die das OH in 5-Stellung der Ribose verestert.



Die Verbindung mit einer Phosphorsäure heißt Adenosinmonophosphat, abgekürzt AMP; ist eine weitere Phosphorsäure anhydridartig angeknüpft, so spricht man meist von Adenosindiphosphat ADP; mit drei Phosphorsäuren ergibt sich Triphosphat ATP.



Das ATP enthält zwei energiereiche Gruppen und besitzt ein hohes Gruppenübertragungspotential. Es können verschiedene Gruppen abgelöst und übertragen werden. Als häufigste Reaktion findet die Übertragung des Orthophosphat-Restes, eine Abspaltung von ADP, statt. Wird der Ortho-

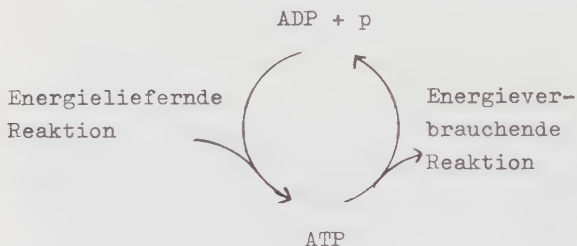
phosphatrest auf Wasser übertragen, so entspricht das der Hydrolyse.

Da die Übertragung des Phosphats auf Wasser stark exergonisch ist, besitzt ATP ein hohes Gruppenübertragungspotential für Phosphatgruppen. Es kann die Phosphorsäure auf alkoholische Hydroxylgruppen, auf Säuregruppen und auf Amidgruppen übertragen. Diese Transfer-Reaktionen werden von spezifischen Enzymen katalysiert, die meist "Kinasen" genannt werden. ATP ist im Fall der meisten Kinasen Phosphat-Donator. Eine wichtige Funktion der Kinasen ist auch die Synthese von ATP aus ADP und energiereich gebundenem Phosphat bei der "Substratkettenphosphorylierung" und der "Atmungskettenphosphorylierung". ATP stellt somit ein Sammelbecken oder "pool" für energiereiche Phosphate - in gewissem Sinne für chemische Energie überhaupt - dar.

Das Adenosintriphosphat ist für die Aufrechterhaltung des dynamischen Gleichgewichtes der Körperbausteine von Bedeutung. Für viele Biosynthesen stellt es die notwendige Energie bereit, so für den Aufbau von Proteinen, Fettsäuren, Steroiden und anderen Verbindungen. Bei ATP-Mangel verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung des Abbaues. ATP liefert die Energie für die Erhaltung der ungleichmäßigen Ionenverteilung im extra- und intrazellulärem Flüssigkeitsraum.

Adenosintriphosphat, der wichtigste Energieüber-

träger in der Zelle, stellt das Endprodukt folgender energieliefernder Systeme dar: Der Glycolyse, der oxidativen und der photosynthetischen Phosphorylierung. Bei diesen Reaktionen tritt neben ATP auch ADP als Reaktionspartner auf, wie folgendes Schema zeigt:



Bei der eigenen Untersuchung wurde die von Boehringer, Mannheim, empfohlene Methode angewandt und deren Reagenzien verwendet. Die Extinktionen wurden mit dem Photometer "EPPENDORF" gemessen.

Bestimmungsansatz:

Wellenlänge : 366 nm

Glas-Küvette: 1 cm Schichtdicke

Temperatur : 20° C

Messung gegen Luft

In die Küvette werden nacheinander pipettiert:

0,1 M Triäthanolaminpuffer, pH 7,6
2,50 ml 0,004 M Magnesiumsulfat
0,006 M Glycerat-3-phosphat
0,05 ml 0,012 M NADH
0,20 ml Überstand nach Enteiweißung

Mit einem Plastikspatel wird gut gemischt und die Extinktion E_1 gemessen. Sodann wurden:

0,05 ml Suspension aus (4 mg GAPDH/ml;
1 mg PGK/ml

eingemischt und nach 5 Minuten die Extinktion E_2 gemessen.

$$E_1 - E_2 = E$$

E wird mit 398 multipliziert und man erhält mg % ATP im Blut.

4. Ergebnisse

4.1 Das Verhalten der Phosphomonoesterasen

Um eine Vorstellung über die Höhe und die Variation der Enzymaktivität zu erhalten, sind die von der achten Lebenswoche an bis zum Schlachttermin je Tier erhaltenen Werte zu einem Mittelwert zusammengefaßt und der Variationskoeffizient errechnet worden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 für die alkalische und in Tabelle 3 für die saure Phosphatase wiedergegeben.

Tabellle 3: Mittelwerte und Variationskoeffizienten der sauren Serumphosphatase je Tier und Wurf

Gruppen Nr.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		$\bar{x}$
	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1	2,70	29,9	3,44	24,2	2,84	38,6	3,41	34,3	2,25	23,4	2,62	26,4	2,37	41,8	1,36	28,1	1,96	26,5	1,63	23,0	2,45
2	3,00	25,3	3,41	30,2	2,97	35,2	3,04	37,2	2,25	30,7	2,76	39,7	1,85	20,9	1,37	29,1	1,77	17,0	1,71	16,9	2,37
3	2,73	23,6	3,40	25,2	2,88	30,6	3,32	24,9	1,67	31,6	3,14	21,0	1,89	17,3	1,29	37,2	1,55	21,2	1,47	14,1	2,33
4	3,10	31,0	3,16	34,0	2,74	25,4	3,42	22,4	1,94	44,3	7,12	1,83	31,1	1,29	25,0	1,84	15,2	1,15	11,5	2,33	
5	3,00	31,0	3,24	33,7	2,94	28,4	3,00	25,4	2,07	47,2	2,95	15,0	1,79	28,2	1,44	23,0	2,04	13,7	2,02	10,5	2,45
6	2,73	23,6	2,93	31,2			2,79	24,9	4,00	12,9	2,76	17,5	1,84	26,1	1,80	37,4	1,90	9,6	1,93	14,4	2,32
7	2,73	23,6	3,13	33,1			2,89	26,5	1,85	19,8	2,60	23,8	1,93	32,6	1,64	38,3	2,05	12,2	1,77	19,2	2,28
8	2,73	23,6	3,13	33,1			2,87	27,1	2,08	35,5	2,18	29,1	1,77	27,2	1,67	32,5			1,87	11,7	2,26
9															1,73	22,8			1,79	13,9	2,04
10															1,56	19,8			1,83	13,0	1,69
11															1,52	19,1					1,52
Gesamt	2,80	29,2	3,20	29,5	3,02	30,2	3,07	28,5	2,22	33,4	2,65	26,0	1,85	24,9	1,52	29,5	1,87	17,8	1,76	16,7	2,18

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, daß innerhalb und zwischen den Gruppen große Unterschiede bestehen. Gruppe 6 hat mit 2,97 B.L.E. den geringsten Gruppenmittelwert, aber den größten Variationskoeffizienten. Bei der sauren Serumphosphatase ist der Unterschied innerhalb und zwischen den Gruppen nicht so groß wie bei der alkalischen. Hier hat die Gruppe 10 mit dem kleinsten Gruppenmittelwert auch den geringsten Variationskoeffizienten.

Bei einem Vergleich der beiden Tabellen ist festzustellen, daß die alkalische Enzymaktivität um 60 % höher liegt als die saure. Die Variationskoeffizienten der zwei Enzyme unterscheiden sich nicht wesentlich. Die Höhe der Variationskoeffizienten ist so groß, weil die während der Versuchsdauer erhaltenen Werte zu einem Mittelwert vereinigt wurden und wie in 4.11 dargestellt ein Einfluß des Alters auf die Enzymaktivität besteht.

4.11 Einfluß des Alters

Zur Kennzeichnung des Einflusses zunehmenden Alters auf die Enzymaktivität, wurden die zum selben Zeitpunkt erhaltenen Meßwerte einer Gruppe zu einem Mittelwert zusammengefaßt und eine Varianzanalyse gerechnet. Für

die saure Phosphatase ergab sich ein F-Wert von 6,69^{***}, für die alkalische ein F-Wert von 16,33^{***}. In Abb. 1 ist der Zusammenhang zwischen der Aktivität der sauren Phosphatase und aus Abb. 2 der Zusammenhang zwischen der alkalischen Phosphataseaktivität und dem Alter ersichtlich.

Abb. 1: Einfluß des Alters auf die Aktivität der sauren Phosphatase

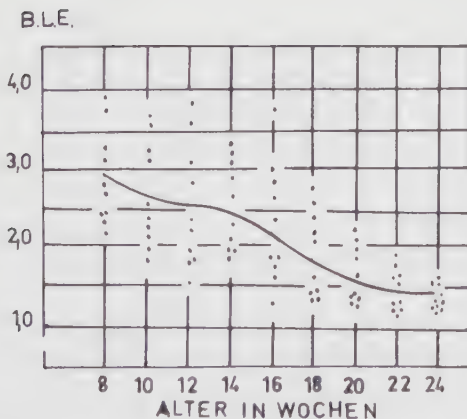
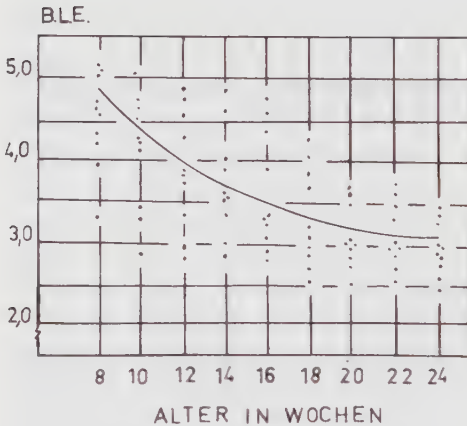


Abb. 2: Einfluß des Alters auf die Aktivität
der alkalischen Phosphatase



Die Wiederholbarkeit hat eine sehr große Bedeutung und wird in den meisten Fällen als obere Grenze der Heritabilität angesprochen. Da der Alterseinfluß sehr hoch ist, konnte zunächst kein Wiederholbarkeitskoeffizient erwartet werden. Nach Ausschaltung des altersbedingten Einflusses ergab sich für die saure Phosphatase ein Wert von $W = 0,28$ und für die alkalische ein Wert von $W = 0,19$.

4.12 Einfluß des Geschlechts

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern war sowohl für die alkalische als auch für die saure Serumphosphatase nicht festzustellen. Aus Tabelle 4 ist der Mittelwert, die Streuung und der Variationskoeffizient für die drei Geschlechtsgruppen ersichtlich.

Tabelle 4: Mittelwert, Streuung und Variationskoeffizient der alkalischen und sauren Serumphosphatase der Gruppen

	♂			♂ ²			♀		
	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v	$\bar{x}$	s	v
alk. Phosph.	3,92	1,16	29,9	3,88	1,27	32,8	3,85	1,15	29,9
saure Phosph.	2,42	9,97	41,1	2,43	9,61	39,6	2,29	9,19	40,0

4.13 Einfluß des Vaters

Da es sich bei den Versuchstieren um die Nachkommen zweier Väter handelt, war es notwendig zu untersuchen, ob zwischen ihnen Unterschiede bestehen. Auf Grund der varianzanalytischen Auswertung ergab sich für

die alkalische Serumphosphatase ein F-Wert von 6,49^{***}, für die saure ein F-Wert von 11,80^{***}. Die Nachkommengruppen werden daher im weiteren Verlauf der Arbeit getrennt behandelt. In Tabelle 5 sind der Mittelwert und die Streuung für die alkalische und die saure Phosphatase der Nachkommengruppen der zwei Väter wiedergegeben.

Tabelle 5: Mittelwert und Streuung der alkalischen und sauren Phosphatase der Nachkommengruppen der zwei Väter

	Vater 1		Vater 2	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
alkalische Phosphatase	3,83	1,23	4,10	1,04
saure Phosphatase	2,45	9,55	2,13	7,01

Die Nachkommen von Vater 2 zeigen bei der alkalischen Phosphatase gegenüber Vater 1 eine größere Aktivität. Demgegenüber weisen sie bei der sauren Phosphatase eine geringere Aktivität auf.

4.2 Zuordnungen der Phosphomonoesterasenaktivitäten

Für die Auswertung war es notwendig festzu-

stellen, ob sich die einzelnen Gruppen signifikant unterscheiden. In Tabelle 6 und 7 sind die gefundenen Unterschiede für die Serumphosphatase, getrennt nach Vätern, aufgeführt. Tabelle 8 gibt die Unterschiede der täglichen Zunahme und der Futterverwertung für die Nachkommengruppe des Vater 1 wieder. Bei den Nachkommen von Vater 2 war kein Unterschied in der täglichen Zunahme und der Futterverwertung feststellbar.

Tabelle 6: Kennzeichnung der Nachkommengruppen von Vater 1, die sich in a) der alkalischen und b) der sauren Serumphosphataseaktivität unterscheiden

alkalische Phosphatase							saure Phosphatase					
10	8	6	5	4	2	Gr.	2	4	5	6	8	10
xxx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	1	xx	-	xxx	-	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	-		2		-	xxx	xxx	xxx	xxx
x	xx	-	-			4			xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	-				5				xxx	xxx	xxx
-	-					6					xxx	xxx
-						8						-

Tabelle 7: Kennzeichnung der Nachkommengruppen von Vater 2, die sich in a) der alkalischen (AP) und b) in der sauren Serumphosphataseaktivität (SP) unterscheiden

a)			b)		
AP			SP		
9	7	Gr.	7	9	
xxx	xxx	3	xxx	xxx	
xx		7		-	

Tabelle 8: Kennzeichnung der Nachkommengruppen von Vater 1, die sich in a) der Ø täglichen Zunahme und b) der Futterverwertung signifikant unterscheiden

a)							b)						
Ø tägl. Zunahme							Futterverwertung						
10	8	6	5	4	2	Gr.	2	4	5	6	8	10	
-	-	x	-	-	-	1	-	-	-	x	-	-	
-	-	x	-	-		2		-	-	x	-	-	
-	-	x	-			4			-	-	-	-	
-	x	x				5				x	-	-	
x	xxx					6					x	x	
-						8						-	

Die Tabellen 6 und 7 geben die Unterschiede der alkalischen und sauren Phosphatase zwischen den einzelnen Gruppen, getrennt nach Vaternachkommengruppen, wieder. Tabelle 8 zeigt die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen für die durchschnittliche tägliche Zunahme und für die Futterverwertung. Diese Analyse war für die weitere Auswertung notwendig, da nur nicht signifikante Gruppen zusammengefaßt werden dürfen.

4.21 In der Mastperiode

Die von jedem Tier erhaltenen Enzymaktivitätswerte wurden zu einem Mittelwert zusammengezogen und dieser mit der Ø täglichen Zunahme korreliert. In Tabelle 9 sind - unter Berücksichtigung der mittels Varianzanalyse zwischen den Gruppen festgestellten signifikanten Unterschiede - die Beziehungen der alkalischen Phosphomonoesterasenaktivität zu der durchschnittlichen täglichen Zunahme wiedergegeben. Für die Aktivität der sauren Phosphatase sind diese Zuordnungen aus Tabelle 10 ersichtlich.

Tabelle 9: Zuordnung der alkalischen Phosphataseaktivität zur durchschnittlichen täglichen Zunahme

Gr.	n	alkalische Phosphatase		Ø tägl. Zunahme		r
		$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1,8	20	3,84	28,8	677	25,0	+0,39***
2,4	16	4,57	21,3	696	25,0	-0,16
5	8	3,20	41,4	788	13,9	+0,38***
6	8	2,97	42,7	696	27,9	-0,16
10	10	3,53	21,4	696	27,9	-0,55***
3	5	4,87	17,7	678	28,8	-0,07
7	7	3,53	31,6	705	27,0	-0,51***
9	7	4,05	15,7	696	27,9	-0,65***

Tabelle 10: Zuordnung der sauren Phosphataseaktivität zur durchschnittlichen täglichen Zunahme

Gr.	n	saure Phosphatase		Ø tägl. Zunahme		r
		$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1,4	17	2,96	29,3	696	26,3	-0,16
2	8	3,20	29,0	678	28,0	-0,25**
5	8	2,02	33,4	788	13,9	+0,61***
6	8	2,65	26,0	696	27,9	-0,12
8,10	21	1,64	23,1	686	23,8	-0,10
3	5	2,79	30,2	696	27,9	+0,12
7,9	14	1,86	21,3	700	27,4	-0,59***

Tabelle 9 gibt die Mittelwerte und Variationskoeffizienten der alkalischen Phosphatase und der durchschnittlichen täglichen Zunahme und die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Gruppen wieder.

Die großen Unterschiede der Korrelationskoeffizienten kann nur durch die genetische Veranlagung der Tiere begründet werden, da die Umweltfaktoren und die Methode der Bestimmung für alle Tiere gleich waren. Die gleiche Erklärung trifft für Tabelle 10 zu, in der die Mittelwerte und Variationskoeffizienten der sauren Phosphatase und der durchschnittlichen täglichen Zunahme neben dem Korrelationskoeffizienten wiedergegeben sind.

4.22 Zur Futterverwertung

Da neben den durchschnittlichen täglichen Zunahmen auch die Futterverwertung für die Rentabilität der Schweineproduktion ausschlaggebend ist, wurde diese den Enzymaktivitäten zugeordnet. Unter Berücksichtigung der in Tabelle 6 und Tabelle 8 aufgezeigten signifikanten Unterschiede, ergaben sich die Korrelationen, die in Tabelle 11 für die alkalische Phosphatase und in Tabelle 12 für die saure Phosphatase wiedergegeben sind.

Tabelle 11: Zuordnung der alkalischen Phosphataseaktivität zur Futterverwertung

Gr.	n	alkalische Phosphatase		Futterverw.		r
		$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1,8	20	3,84	28,8	3,30	7,8	-0,47***
2,4	16	4,57	21,3	3,23	11,0	+0,64***
5	8	3,20	41,4	3,24	10,1	+0,26
6	8	2,97	42,7	2,90	7,3	-0,11
10	10	3,55	21,4	3,27	8,3	-0,37
3	5	4,87	17,7	3,19	12,6	+0,91***
7	7	3,53	31,6	3,16	9,7	-0,78**
9	9	4,05	15,7	3,10	8,8	+0,67**

Tabelle 12: Zuordnung der sauren Phosphataseaktivität zur Futterverwertung

Gr.	n	saure Phosphatase		Futterverw.		r
		$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1,4	18	2,96	29,5	3,32	8,8	-0,17
2	8	3,20	21,0	3,24	10,2	-0,55
5	8	2,03	33,4	3,17	10,1	-0,54
6	7	2,65	26,0	2,90	7,3	-0,55
8	11	1,51	29,5	3,20	9,8	-0,54
10	10	1,75	16,7	3,30	8,3	+0,69**
3	5	2,79	30,2	3,20	12,6	+0,61
7,9	14	1,86	21,3	3,13	9,3	+0,16

Die in Tabelle 11 für die alkalische Phosphatase und in Tabelle 12 für die saure Phosphatase angegebenen Korrelationskoeffizienten zur Futterverwertung weisen eine außergewöhnlich hohe Streubreite auf. Als Ursache hierfür können zwei Gründe angeführt werden:

1. Die erblichen Unterschiede zwischen den Tieren sind so groß, daß sie hier besonders zum Ausdruck kommen.
2. Die angewandte Methode ist für solche Untersuchungen nicht geeignet.

Einen der Gründe allein für die großen Unterschiede in den Korrelationskoeffizienten zur Erklärung heranzuziehen erscheint nicht gerechtfertigt. Meiner Meinung nach tragen beide Gründe zu diesen entgegengesetzten Ergebnissen bei.

4.3 Das Verhalten des Adenosintriphosphat

Um einen Überblick über den Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum zu erhalten, sind die von der achten Lebenswoche an bis zum Schlachtttermin erhaltenen Werte zu einem Mittelwert zusammengefaßt worden und neben dem Variationskoeffizienten in Tabelle 13 wiedergegeben. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß Unterschiede im Gehalt an

Tabelle 13: Mittelwerte und Variationskoeffizienten von Adenosintriphosphat je Tier und Wurf

Gruppen Nr.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		$\bar{x}$
	Tier	Nr	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1	42,10	9,9	56,12	0,6	57,34	13,9	54,47	14,2	49,39	0,8	53,09	14,4	54,59	9,8	49,82	1,4	55,29	13,6	52,01	3,2	52,83
2	40,73	9,6	50,94	11,5	50,52	10,6	54,56	11,2	51,19	7,9	51,26	0,3	51,07	0,9	52,04	4,2	51,15	5,1	47,23	2,6	51,11
3	45,38	10,7	60,25	11,5	57,54	10,1	52,05	11,9	55,72	0,1	53,69	0,5	53,70	7,7	52,57	3,1	58,44	9,7	52,17	9,4	54,02
4	40,42	10,2	54,08	7,2	53,82	10,2	55,16	11,4	54,53	9,8	51,57	5,9	49,07	5,8	49,45	3,3	56,25	3,3	55,52	3,9	52,04
5	52,05	17,1	55,52	1,4	52,91	15,2	57,74	17,3	51,08	4,4	53,52	7,4	50,00	3,6	52,30	5,1	57,54	3,1	51,57	0,6	53,79
6	44,52	11,0	50,44	0,3	50,55	55,55	55,55	12,4	52,07	2,9	57,05	9,5	54,06	0,5	54,93	1,7	55,05	2,9	50,78	7,3	53,40
7	54,37	15,2	56,32	26,9	55,83	16,5	56,83	16,5	54,03	0,4	58,01	3,4	57,64	9,2	53,66	4,1	52,83	8,8	53,03	8,9	55,23
8	54,79	11,5	57,96	22,5	55,40	14,3	57,11	14,3	51,51	4,6	52,84	2,8	49,08	4,8	55,96	1,1	54,36	5,4	54,36	5,4	53,65
9	54,39	15,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamt	50,12	14,5	55,78	15,7	55,53	11,3	53,23	13,3	52,50	7,1	54,21	7,8	52,54	0,4	53,31	5,6	55,34	8,5	52,19	7,5	53,91

Adenosintriphosphat sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen bestehen.

4.31 Einfluß des Geschlechts

Zur Untersuchung des Geschlechtseinflusses auf den Gehalt an Adenosintriphosphat wurde der Mittelwert aus den je Tier erhaltenen Einzelergebnissen gebildet und eine Varianzanalyse erstellt. Es zeigte sich, daß zwischen den drei Gruppen Unterschiede bestehen. Der F-Wert ist mit $9,18^{***}$ statistisch hoch gesichert.

Die Spätkastraten unterschieden sich gegenüber den Frühkastraten und den weiblichen Tieren, während zwischen den Frühkastraten und den weiblichen Tieren keine Signifikanz ermittelt werden konnte.

In Tabelle 14 ist der Mittelwert und die Streuung für den Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum wiedergegeben.

Tabelle 14: Mittelwert und Streuung für den Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum der drei Gruppen

♂		♂		♀	
$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
52,12	5,58	54,74	5,72	53,95	6,46

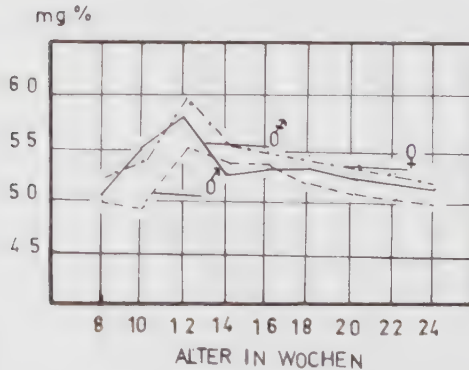
4.32 Einfluß des Alters

Zur Kennzeichnung des Einflusses zunehmenden Alters auf den Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum, wurden die zum selben Zeitpunkt erhaltenen Meßwerte einer Gruppe zu einem Mittelwert zusammengefaßt und eine Varianzanalyse gerechnet.

Für die Spätkastrate ergab sich ein F-Wert von 3,03^{**}, für die Frühkastrate ein F-Wert von 4,57^{***} und für die weiblichen Tiere ein F-Wert von 4,15^{***}.

In Abbildung 3 ist der Einfluß des Alters auf den Gehalt an ATP für die drei Gruppen graphisch dargestellt.

Abb. 3: Der Einfluß des Alters auf den ATP-Gehalt



Es können nur solche Gruppen zusammengefaßt werden, die sich statistisch nicht unterscheiden. Nach Tabelle 15 können zwei Hauptgruppen gebildet werden:

1. Hauptgruppe mit den Gruppen 1,2,7,9 und
2. Hauptgruppe mit den Gruppen 3,4,5,6,8,10.

4.41 In der Mastperiode

Die von jedem Tier erhaltenen Werte über den Gehalt an Adenosintriphosphat sind zu einem Mittelwert zusammengezogen und mit der durchschnittlichen täglichen Zunahme korreliert worden. In Tabelle 16 sind die Beziehungen, unter Berücksichtigung der mittels Varianzanalyse in Tabelle 8 und 15 festgestellten signifikanten Unterschiede, des Gehaltes an Adenosintriphosphat und der durchschnittlichen täglichen Zunahme wiedergegeben.

Tabelle 16: Zuordnung des Gehaltes an Adenosintriphosphat zur durchschnittlichen täglichen Zunahme

	Gruppe	n	ATP		Ø tägl. Zun.		r
			$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
♂	1,2,7	10	52,15	10,2	774	26,2	-0,24
	3,4,6,8	12	52,56	9,7	740	24,2	+0,22
	5,9,10	6	51,04	8,3	764	23,9	-0,26
♂+♀	1,2,7	14	53,61	9,4	704	22,6	-0,36
	3,4,6,8	21	55,37	11,5	745	25,5	-0,19
	5,9,10	19	53,84	8,1	737	28,0	+0,40

Die Gruppen 3,7 und 9, die nicht in Tabelle 8 aufgeführt sind, unterscheiden sich sowohl in der durchschnittlichen täglichen Zunahme als auch in der Futterverwertung nicht gegenüber den anderen Gruppen.

Aus Tabelle 16 ist ersichtlich, daß die Spätkastraten einen geringeren Gehalt an Adenosintriphosphat aufweisen. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen sind größer als bei den Frühkastraten und weiblichen Tieren, bei denen ein höherer Gehalt an Adenosintriphosphat gefunden wurde.

4.42 Zur Futterverwertung

Die Futterverwertung wurde mit dem durchschnittlichen Gehalt an Adenosintriphosphat korreliert, unter Berücksichtigung der mittels Varianzanalyse festgestellten signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. In Tabelle 17 sind die Beziehungen wiedergegeben.

Tabelle 17: Zuordnung des Adenosintriphosphat zur Futterverwertung

Gruppe	n	Adenosin- triphosphat		Futter- verwertung		r
		$\bar{x}$	v	$\bar{x}$	v	
1,2,7,9	12	52,51	10,1	3,13	7,5	+0,02
3,4,5,6,8,10	16	51,86	6,3	3,12	8,3	+0,14
1,2,7,9	19	54,29	10,8	3,31	10,2	+0,08
3,4,5,6,8,10	33	54,43	7,4	3,12	9,8	+0,11

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, haben die Spätkastraten eine bessere Futterverwertung und einen geringeren Gehalt an Adenosintriphosphat als die Frühkastraten und weiblichen Tiere.

5. Diskussion

Bei der Versuchsdurchführung wurde darauf geachtet, daß die kontrollierbaren Umweltfaktoren Haltung, Fütterung, Temperatur und Zeitpunkt der Blutentnahme für alle Tiere gleich gestaltet waren. Daher können die gewonnenen Ergebnisse über die Enzymaktivität und über den Gehalt an Adenosintriphosphat als zuverlässig angesehen werden.

Bei der Untersuchung sind je Tier im Durchschnitt acht Blutproben entnommen worden, bei einer Versuchsdauer von der achten bis zur 22 - 24 Lebenswoche.

Für die saure Serumphosphataseaktivität lagen die Mittelwerte je Tier zwischen 1,29 und 3,44 B.L.E., die Variationskoeffizienten zwischen 9,5 - 51,6 % (Tabelle 3).

Die Mittelwerte je Tier für die Aktivität der alkalischen Serumphosphatase schwankten zwischen 1,58 - 5,46 B.L.E. Die Variation der Einzeltiere um den Mittelwert zeigte Koeffizienten, die sich zwischen 7,6 - 52,7 % beweg-

ten. Die alkalische Phosphataseaktivität liegt um 60 % höher als die Aktivität der sauren Serumphosphatase. Die Variationskoeffizienten unterscheiden sich nicht wesentlich.

Für den Einfluß des Alters auf die Aktivität der Enzyme ergaben sich hochsignifikante Varianzen. Dadurch sind die hohen Variationskoeffizienten erklärbar.

Da der Alterseinfluß sehr groß ist, konnte zunächst kein Wiederholbarkeitskoeffizient erwartet werden. Nach Ausschaltung des altersbedingten Einflusses, ergab sich für die saure Serumphosphatase ein Wert $W = 0,28$ und für die alkalische Phosphatase ein Wert $W = 0,19$.

Ein signifikanter Unterschied in der Aktivität der sauren und alkalischen Serumphosphatase konnte zwischen den drei Gruppen nicht festgestellt werden.

Durch das Vorhandensein der Nachkommengruppen zweier Väter konnte geprüft werden, inwieweit sich diese in ihrer Aktivität der Enzyme voneinander unterscheiden. Es stellte sich heraus, daß zwischen den Gruppen der zwei Väter hochsignifikante Unterschiede bestehen.

Die gefundenen Werte über die Aktivität der sauren und alkalischen Phosphatase stimmen mit den in der Literatur genannten Angaben überein. Der Wiederholbarkeitskoeffizient liegt sowohl für die al-

kalische als auch für die saure Serumphosphatase niedriger, als der von BRÜMMER (1968) gefundene. Im Gegensatz zu dieser Arbeit ist auch ein Alterseinfluß auf die saure Phosphataseaktivität festgestellt worden. Ein Einfluß des Geschlechts ist weder für die alkalische noch für die saure Serumphosphataseaktivität zu ermitteln. Die von TUBA u. Mitarb. (1947) beim Mensch und von BOGART u. Mitarb. (1963) bei Rindern festgestellten Geschlechtsunterschiede in der Aktivität der Phosphatasen stehen im Widerspruch zu den eigenen Ergebnissen. Es wurden nicht nur Kastrate und weibliche Tiere, wie in der Arbeit BRÜMMER (1968) herangezogen, sondern auch männliche Tiere, die erst bei einem Gewicht von 90 kg kastriert wurden.

Bei der Zuordnung der Phosphomonoesterasenaktivität zu der durchschnittlichen täglichen Zunahme, sind die erhaltenen Enzymaktivitätswerte zu einem Mittelwert zusammengefaßt und mit der $\emptyset$ täglichen Zunahme korreliert worden.

Die korrelationskoeffizienten schwanken für

die alkalische Phosphatase von $r = -0,16$ bis $+0,39^{***}$,
die saure Phosphatase von $r = -0,16$ bis $+0,61^{***}$.

Aus den Tabellen 9 und 10 sind die einzelnen Koeffizienten ersichtlich. Nur bei den Nachkommen des Vater 2, ist für die Zuordnung der alkalischen Phosphatase zur durchschnittlichen täglichen Zunahme eine klare Beziehung erkennbar. Der

Korrelationskoeffizient beträgt hier $r = -0,07$ bis $-0,65^{***}$. (Gruppe 3,7,9)

Die Ergebnisse von BRÜMMER (1968) stehen zu den eigenen Ergebnissen im Widerspruch, da er nur positive Korrelationen fand. Diese sind, mit Ausnahme zweier, alle signifikant bis hochsignifikant.

Für die Zuordnung der Futterverwertung zu den Phosphatasen ist keine klare Beziehung zu erkennen. Die Korrelationskoeffizienten liegen für die alkalische Serumphosphatase zwischen $r = -0,11$ bis $+0,91^{***}$ und für die saure Serumphosphatase zwischen $r = -0,17$ bis $+0,69^{**}$.

Die Ergebnisse über den Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum beim Schwein, sind mit anderen nicht zu vergleichen, da sich bisherige Untersuchungen nur mit Fleisch beschäftigt haben.

Der Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum bewegt sich zwischen 44,82 - 60,25 mg %. Der Variationskoeffizient liegt zwischen 2,6 und 26,9. (Tabelle 13)

Es zeigte sich, daß das Geschlecht einen Einfluß auf den Adenosintriphosphatgehalt ausübt. Der Unterschied besteht zwischen den Spütkastraten, den Frühkastraten und den weiblichen Tieren. Die Frühkastraten und die weiblichen Tiere unterscheiden sich nicht signifikant. In Tabelle 14 sind die Mittelwerte und Streuungen der drei Gruppen aufgezeigt.

Das Alter übt, wie bei der Phosphomonoesterasenaktivität, einen Einfluß auf den Adenosintriphosphatgehalt aus. Der mittels Varianzanalyse ermittelte F-Wert beträgt für die Spätkastraten $F = 3,03^{**}$, für die Frühkastraten $F = 4,57^{***}$ und für die weiblichen Tiere $F = 4,15^{***}$.

Ein Einfluß des Vaters war bei der Untersuchung über den ATP-Gehalt nicht feststellbar.

Bei der Zuordnung des Adenosintriphosphatgehaltes zur durchschnittlichen täglichen Zunahme und zur Futterverwertung war keine Beziehung feststellbar.

Nach diesem Ergebnis muß man annehmen, daß ein bestimmter Gehalt an Adenosintriphosphat im Blut vorhanden und unabhängig von der Leistung des Tieres ist.

6. Zusammenfassung

An insgesamt 81 DvL-Schweinen ist, von der achten Lebenswoche an bis zum Schlachtzeitpunkt (22. - 24. Lebenswoche), im Blutserum die Aktivität der Phosphomonoesterasen und der Gehalt an Adenosintriphosphat untersucht worden.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Für die Aktivität der Phosphomonoesterasen wurden bei den einzelnen Schweinen Mittelwerte für die saure Phosphatase von $\bar{x} = 1,29 - 3,44$ B.L.E. und für die alkalische Phosphatase von $\bar{x} = 1,58 - 5,46$ B.L.E. nachgewiesen.

Die Variationskoeffizienten lagen für die saure Phosphatase zwischen 9,5 - 51,6 % und für die alkalische zwischen 7,6 - 52,7 %. Sowohl für die saure, als auch für die alkalische Serumphosphataseaktivität sind Alterseinflüsse festgestellt worden.

Die Wiederholbarkeit war mit $W = 0,28$ für die saure und mit $W = 0,19$ für die alkalische Phosphatase nicht sehr hoch.

Zwischen den Vaternachkommengruppen bestanden hochsignifikante Unterschiede. Für die alkalische Phosphatase ergab sich ein F-Wert von 6,49^{***}, für die saure Phosphatase ein F-Wert von 11,80^{***}.

Der Gehalt an Adenosintriphosphat im Blutserum lag zwischen 44,82 - 60,25 mg %. Der Variationskoeffizient bewegte sich zwischen 2,6 - 26,9 %.

Das Geschlecht übt einen Einfluß auf den Adenosintriphosphatgehalt aus. Für die Spätkastraten ergab sich ein Mittelwert von 52,13 mg % bei einer Streuung von 5,58, für die Frühkastraten ein $\bar{x}$ von 54,74 und ein s von 5,72 und für die weiblichen Tiere ein Mittelwert von 53,95 bei einer Streuung von 6,46.

Ein Alterseinfluß auf den Adenosintriphosphat-gehalt konnte nachgewiesen werden. Der mittels Varianzanalyse errechnete F-Wert betrug für die Spätkastraten 3,03^{**}, für die Frühkastraten 4,57^{***} und für die weiblichen Tiere 4,15^{***}. Ein Einfluß des Vaters auf den Gehalt an Adenosintriphosphat seiner Nachkommen war nicht feststellbar.

Die Korrelationen zwischen den Phosphomonoesterasenaktivitäten bzw. dem Gehalt an Adenosintriphosphat brachte folgende Ergebnisse:

Ø Serumenzymaktivität Ø tägl. Zunahme

alkalische Phosphatase $r = -0,16$ bis $+0,39^{***}$

saure Phosphatase $r = -0,16$ bis $+0,61^{***}$

Ø Gehalt an Adenosintriphosphat Ø tägl. Zunahme

$r = -0,19$ bis $+0,40$

Ø Serumenzymaktivität Futterverwertung

alkalische Phosphatase $r = -0,11$ bis $+0,91^{***}$

saure Phosphatase $r = -0,17$ bis $+0,69^{**}$

Ø Gehalt an Adenosintriphosphat Futterverwertung

$r = +0,02$ bis $+0,14$

Auf Grund der festgestellten Korrelationen kann nicht der Schluß gezogen werden, daß sich die untersuchten Enzymaktivitäten und der Gehalt an Adenosintriphosphat als Selektionsmerkmal eignen.

Literaturverzeichnis

- | | | |
|---|---------|--|
| Abderhalden | 1948 | Klinische Enzymologie
S. 53 - 78
Georg Thieme Verlag,
Stuttgart |
| Baur, Th. | 1948/49 | Tierische Phosphatasen
Z. Vit.-Hormon-Ferment-
forschung,
Bd. 2, S. 507 - 596 |
| Becker, P.E. | 1964 | Humangenetik
Bd. III, S. 1
Georg Thieme Verlag,
Stuttgart |
| Bendall, J.R.
Hallund, O.
Wismer-Pedersen, J. | 1963 | Post mortem changes in
the muscles of Landrace
pigs
J. Food Sci. 28,
S. 156 - 162 |
| Bergmeyer, U.H. | 1962 | Methoden der enzymati-
schen Analyse
Verlag Chemie GmbH,
Weinheim/Bergstr. |
| Bodansky, A. | 1933 | Phosphatase studies
VI. Non-Osseus origins
of serum phosphatase.
Its increase after
ingestion of carbohy-
drates
J. Biol. Chem. 104,
S. 473 |
| Boehringer | 1963 | Biochemica Information |
| Bogart, R.
Ampy, F.R.
Anglemier, A.L.
Johnston Jr., W.K. | 1963 | Some physiological
studies on growth and
feed efficiency of beef
cattle
J. An. Sci. Bd. 22,
S. 993 - 1000 |

- | | | |
|------------------------------------|------|---|
| Brümmer, H. | 1968 | Aktivitäten der Phosphomonoesterasen im Blutserum und im Homogenat von Muskelgewebe sowie deren Zuordnung zu Mastleistung bzw. Fleischqualität beim Schwein
Diss. Gießen |
| Buschmann, H. | 1965 | Über erbliche biochemische Systeme bei den Haustieren
Z. Tierzucht und Züchtungsbiologie
Bd. 81, S. 370 |
| Emmerich, R.
Scheffler, H. | 1952 | Die alkalische und die saure Serum-Phosphatase in verschiedenen Lebensaltern
Z. f. Altersforschung
Bd. 6, S. 156 |
| Fassounke, M. | 1968 | Verhalten der Phosphomonoesterasen-Aktivität im Blutserum und Milch und ihre Beziehung zur Milch- und Fett-Leistung beim Rind
Diss. Gießen |
| Flaschenträger, B.
Lehnartz, E. | 1951 | Physiologische Chemie
Bd. I, S. 1089 - 1099
Springer Verlag, Berlin |
| Hagemeister, H. | 1969 | Die Fleischbeschaffenheit und der Verlauf der Glykolyse post mortem von Schweinen mit unterschiedlichem Fleischanteil des Schlachtkörpers
Die Fleischwirtschaft 49, S. 652 - 656 |
| Hess, B. | 1963 | Koordination von Atmung und Glykolyse. In: Funktionelle und morphologische Organisation der Zelle S. 163 - 193,
Springer Verlag, Berlin |

- | | | |
|--|------|---|
| Ilancic, D. | 1966 | Physiologisch-wirtschaftliche Eigenschaften verschiedener Schweinerassen bzw. Produktionstypen und ihre Beziehung zur Schilddrüse
Z. f. Züchtungskunde
S. 319 - 328 |
| Karlson, P. | 1962 | Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler
3. Auflage
Georg Thieme Verlag, Stuttgart |
| Kolb, E. | 1967 | Lehrbuch der Physiologie der Haustiere
2. Auflage
VEB Gustav Fischer, Jena |
| Krüger, L.
Lukanc, A. | 1967 | Über Zuordnungen zwischen Aktivität der alkalischen Phosphatase im Blutserum und Mastleistungsfähigkeit von Jungrindern
Zschr. Tierzucht u. Züchtungsbiolog. Bd. 84,
S. 66 - 72 |
| Kunkel, J.O.
Stokes jr., D.K.
Anthony, W.B.
Futterell, M.F. | 1953 | Serum alkaline phosphatase activity in European and Brahman breeds of cattle and their crossbred types
J. An. Sci. Bd. 12,
S. 765 - 770 |
| Kunkel, J.O.
Futterell, M.F.
Lyman, C.M. | 1954 | Relationship of serum alkaline phosphatase activities to rates of gain in Brahman cattle
Fed. Proc., Bd. 13,
S. 463 - 465 |

- | | | |
|---|------|--|
| Muyllé, E.
Hende, C. van den
Oyaert, W. | 1968 | Stoffwechsel von Milchsäure bei Schweinen
Dtsch. Tierärztl. Wschr.
75, S. 29 - 35 |
| Nikfardjam, K.P. | 1969 | Aufzucht, Mast und Schlachtkörperwert, sowie die Bestimmung einiger physiologischer Blutwerte bei Rindermehrlingen
Diss. Gießen |
| Oschidari, S. | 1967 | Untersuchungen über die Aktivität der Phosphomonoesterasen im Blutserum und deren Beziehung zur Mastleistung beim Rind
Diss. Gießen |
| Richterich, R. | 1958 | Enzympathologie
Springer Verlag, Berlin |
| Richterich, R. | 1965 | Klinische Chemie, Theorie und Praxis
Krager Verlag, Basel |
| Schole, J. | 1966 | Theorie der Stoffwechselregulation unter besonderer Berücksichtigung der Regulation des Wachstums
Paray Verlag, Berlin-Hamburg |
| Südhof, H.
Steindorff, H.
Götze, C.
Löhr, H. | 1962 | Zur Bestimmung der alkalischen und sauren Phosphatase im Serum
Dtsch. Med. Wschr.
Bd. 87, S. 249 - 255 |
| Tuba, J.
Cantor, M.M.
Siemens, H. | 1947 | Phosphatases and inorganic Phosphorus in normal human serum
J. Lab. and clin. Med.
32, S. 194 |

- | | | |
|---|------|---|
| Unger, G. | 1957 | Untersuchungen über das Verhalten der alkalischen Phosphatase im Blutserum bei gesunden Pferden und Schlachtrindern
Diss. Berlin |
| Wilcox, F.H.
Vleck, L.D. van
Harvey, W.R. | 1963 | Estimates of correlations between serum alkaline Phosphatase level and Productive traits
Poultry Sci. 42,
S. 1457 - 1458 |
| Wilcox, F.H. | 1966 | Effect on Performance of Selection for High Level of Alkaline Phosphatase in Serum
Poultry Sci. 45, S. 776 - 784 |

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. h. c. L. Krüger, gilt mein aufrichtiger Dank für die Überlassung des Themas und die vielseitige Anregung und Förderung, welche er mir stets zuteil werden ließ.

Mein Dank gilt weiterhin allen Mitarbeitern des Institutes, die mir ihre Unterstützung gewährten.

Am 10. Februar 1941 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Oskar Sill und seiner Ehefrau Hermine geb. Herbert in Heltau/Siebenbürgen geboren.

Von 1948 bis zu meiner Übersiedlung nach Frankfurt/Main im August 1949 besuchte ich dort die Volksschule. Nach dem Besuch der Volksschule in Frankfurt - Höchst, gehörte ich zwei Jahre dem Leibniz - Gymnasium an. Von 1955 bis 1959 besuchte ich die Junglandschule in Königshofen/Taunus und schloß mit der Mittleren Reife ab. Der Höheren Privatilehranstalt Dr. Richter gehörte ich von 1959 bis zum Abitur 1963 an. Das anschließende eineinhalbjährige landwirtschaftliche Praktikum schloß 1964 mit der Praktikantenprüfung ab.

Vom Wintersemester 1964/65 bis zum Sommersemester 1968 war ich an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig - Universität immatrikuliert und legte hier im selben Jahr meine Diplomprüfung ab.

Seit August des selben Jahres bin ich als Doktorand am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus Liebig - Universität mit der Anfertigung der vorliegenden Dissertation beschäftigt.

Im November 1969 wurde mir die Verwaltung einer Assistentenstelle übertragen.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641-77449